

广西季风暴雨中期预报平台 研制思路与应用

李向红^{1,2} 蒋丽娟¹ 薛荣康¹ 黄嘉宏²

(1. 广西桂林市气象局, 541001; 2. 广西气象减灾研究所)

提 要: 利用1980—2001年NCEP和TBB资料, 采用逐例与合成分析相结合的方法, 分析了夏季风影响期间广西大范围暴雨发生前各层天气系统和孟加拉湾强对流云团的配置演变, 发现暴雨前孟加拉湾强对流发展和经向风加强等特征, 并确立了广西大范围暴雨的高低层环流背景场和预报指标。将T213资料与NCEP资料进行线性趋势估计, 建立了广西季风暴雨中期预报平台, 试用效果较好。

关键词: 天气系统 环流背景 线性趋势 预报平台

Application of Medium Forecast System of Summer Monsoon Heavy Rain in Guangxi

Li Xianghong^{1,2} Jiang Lijuan¹ Xue Rongkang¹ Huang Jiahong²

(1. Guilin Meteorology Office, Guangxi Province 541001; 2. Guangxi Meteorology Mitigation Disaster Institute)

Abstract: By individual and composite analysis way, the allocation and variation regularity of various level synoptic systems and convective cloud clusters over the Bay of Bengal before Guangxi heavy rain are investigated based on NCEP and TBB data. The characteristics of the developing convective cloud clusters and the increasing meridional wind over the Bay of Bengal are found. A mid-range forecast system of the summer monsoon heavy rain in Guangxi is developed.

Key Words: synoptic system circulation background linear trend forecast system

引 言

多年的观测研究表明,夏季风系统、孟加拉湾强对流与大范围暴雨有直接的联系^[1-3]。近年文献^[4,5]用多年 NCEP、T213 和 OLR 资料,分析出大范围暴雨发生前孟加拉湾低槽加深、中南半岛 SW 风速加强和对流活动北上等特征。文献 [6] 分析表明季风槽暴雨发生时副热带高压位置偏弱、偏东、四川盆地有西风槽,暴雨区上空 200hPa 为辐散区控制。

由于广西地处东亚夏季风影响的区域,夏季风影响期间广西大范围暴雨与低纬环流系统、孟加拉湾强对流和南支槽相关联,低纬天气系统的变化往往是决定雨量级别的主要因素。如果能根据低纬环流演变来做广西大范围暴雨的中期预报,将为广西气象决策服务提供可靠依据。

目前区域性的中期预报流程是把数值预报产品逐层调出分析,有时在分析上仅仅停留在某一个层面上,而容易忽视天气系统的空间变化,忽视了天气系统与物理量的配置。为此我们研制了广西季风暴雨中期预报平台。本软件使用 VB6.0 编程,绘图使用 GRADS 系统,可在 Windows98/2000/NT4.0/XP 等操作系统下使用。本文主要介绍其研制思路。

1 设计思路

此平台有两个窗口,一个窗口为历史资料图显示窗口,用于显示历史暴雨个例资料图(包括广西大范围暴雨个例雨量图、暴雨前后 5d 各层天气要素的配置图、暴雨前后孟加拉湾强对流 TBB 演变图等);另一个窗口为预测窗口,用于显示数值预报产品如利用 MICAPES 系统提供的 T213 资料绘制的

各时次的预测各层形势与物理量配置图。

1.1 历史资料图显示窗口

首先建立暴雨个例资料图库,利用广西共 90 个站的逐日雨量资料,选取广西 1980—2001 年共 22 年的 5、6、7 共 3 个月季风影响期间 30 个站以上的暴雨过程为研究对象,共选出了 18 次大范围(30 个站以上)锋面低涡型暴雨过程为研究个例。利用逐 3h 的 TBB 资料和 6h 雨量实况资料确定暴雨发生时刻^[7],分析每一次暴雨发生前后低纬各季风天气系统的演变特征,绘制每次大范围暴雨个例前后 120h 的天气系统与物理量的配置图,如 200hPa 高空急流与 500hPa 垂直速度分布、200hPa 高度与流场分布、500hPa 高度与涡度分布、850hPa 低空急流与风矢量分布,850hPa 水汽通量与风矢量的分布、温度平流的演变、假相当位温随时间的演变、孟加拉湾和阿拉伯海的风速演变以及孟加拉湾强对流的演变图等。在逐例分析的基础上,又采用合成分析的方法分析了广西大范围暴雨发生前后高低空环流系统的共同特征,也绘制了合成图,这样就建立了资料图库。

根据系统发展的规律,将不同层次的形势场和物理量场叠加在一张图上,如把 200hPa 的南亚高压、高空急流与 500hPa 垂直速度同放在一张图上,避免了单纯从某一层面考虑问题。根据配置图的演变情况,基本确定了广西大范围暴雨发生时热带季风环流的系统配置模型,利用 GRADS 绘图软件建立了暴雨前后 120h 配置图库并找出相应的预报指标。

1.2 暴雨预测窗口

编程从 MICAPS 系统调取 T213 中期预报资料,并绘制出从 00 到 120h 数值预报产品的形势场与物理量场配置图,分析其配置

情况, 并与历史资料图作比较, 同时确定预报指标, 包括根据卫星云图显示的孟加拉湾强对流的预报指标, 这样可预报未来 72h 广西大范围暴雨。

2 环流背景演变图选取与模型的建立

2.1 200hPa 高空急流与 500hPa 垂直速度的分布

确定 200hPa 出现全风速 $v \geq 30 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ 范围为高空急流范围, 为探讨高空急流右侧气流的垂直运动, 将它与 500hPa 的垂直速度加以叠加, 更有利于判断广西大范围暴雨高空急流的位置和上升运动的变化。对历史暴雨个例和合成图的分析表明: 大范围暴雨发生前 72h 到暴雨发生时刻, 高空急流轴线逐渐由西向东移动, 暴雨发生时刻, 高空急流轴通常位于 $35 \sim 40^\circ \text{N}$ 、 $80 \sim 125^\circ \text{E}$, 从高空急流的右侧 35°N 、 115°E 附近到广西沿海为一东北西南向的 500hPa 垂直速度的上升区, 广西上空的垂直速度 $w \leq -1 \times 10^{-4} \text{ hPa} \cdot \text{s}^{-1}$, 为此, 可把 200hPa 高空急流与 500hPa 垂直速度叠加图作为广西大范围暴雨的一个背景场。

2.2 200hPa 高度、流场与散度

绘制分析广西大范围暴雨前后 200hPa 高度、散度与流场的叠加图。确定 200hPa 的 1252 线为南亚高压范围。分析发现, 广西大范围暴雨发生时, 广西位于南亚高压的东端辐散气流中; 暴雨发生前 3d 到暴雨发生时刻, 广西上空的散度逐渐加大, 到暴雨发生时, 从华东到西南地区, 为一东北西南向的正散度区。广西 200hPa 散度值在 $3 \times 10^{-5} \text{ s}^{-1} \sim 9 \times 10^{-5} \text{ s}^{-1}$ 之间。可将 200hPa 高度、散度与流场作为 200hPa 的另一背景场。

2.3 850hPa 低空急流与风矢量场

绘制分析广西大范围暴雨前后 850hPa 全风速与风矢量分布, 可以看出, 暴雨发生前 72h 到暴雨发生时刻, 有一气流在索马里附近越过赤道, 到达孟加拉湾的南端。同时, 广西上空的 850hPa 全风速不断加大, 到暴雨发生时, 广西上空的西南风逐渐加大; 暴雨发生时刻, 从福建、广东到广西的沿海有一东北西南向的低空急流, 广西上空的西南风为 $8 \sim 11 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ (合成值)。同时从风矢量图可看出, 暴雨发生前, 孟加拉湾的北部有一南支槽, 槽前的西南气流爬上高原进入云南, 在高原的东部有一低涡存在, 东海为反气旋环流, 即为副高控制。

西南气流由孟加拉湾北上进入广西; 在暴雨发生时刻, 在广西与贵州的交界形成一气旋性的曲率, 可见暴雨发生时有一切变线或低涡位于广西与贵州的交界。可将 850hPa 低空急流与风矢量场的叠加作为 850hPa 的一个背景场。

2.4 850hPa 水汽通量与风矢量

从合成资料分析暴雨发生时刻水汽通量和水汽通量散度的分布, 暴雨发生时广西位于水汽通量大值区内, 广西上空的值为 $11 \sim 14 \text{ g} \cdot (\text{s} \cdot \text{hPa} \cdot \text{cm})^{-1}$, 另外, 广西的中部和西部位于水汽通量散度的负值区内。850hPa 水汽通量与风矢量的叠加可作为 850hPa 的另外一个背景场。

2.5 500hPa 高度场与涡度

确定 500hPa 的高度场为背景场是为了确定暴雨发生时刻 500hPa 副高的位置和高空槽线的位置, 配合涡度的分布, 可确定高空槽的东移发展潜力。从合成资料分析暴雨前后 500hPa 高度场的变化可知道, 暴雨发生前有一西风槽由西面逐渐东移过来, 到暴

雨发生时刻, 588 线位于沿海, 高空槽位于 108~110°E 附近。同时在暴雨发生前, 孟加拉湾的北部有一南支槽。

2.6 孟加拉湾强对流的演变

分析暴雨前后合成 TBB 资料可见, 暴雨发生前 5d 孟加拉湾的强对流是逐渐发展的, 在暴雨发生前 3d 发展到最强, TBB 值最低, 而且每次暴雨发生前都有强对流发展并从孟加拉湾移出, 但东移的路径有所不同, 分析发现有三种不同的东移路径。

2.7 大范围暴雨前季风涌

为了预报指标的选取, 考虑了暴雨前后 5d 经向风沿 110°E 的变化, 发现在暴雨前 5d 沿 110°E 的 20~25°N 范围有 v 分量的增加, 在暴雨发生前 72h, v 分量加强到最大。另外还考虑了桂林站暴雨前后假相当位温随时间的演变, 分析发现暴雨前 5d 到暴雨发生时刻有假相当位温的增加。

3 预报指标的建立

通过对 1980—2001 年 NCEP 资料、TBB 资料和历史暴雨资料的分析选取如下暴雨低纬环流指标:

(1) 孟加拉湾强对流指标

通过对历史暴雨资料的分析表明, 孟加拉湾强对流云团的存在是广西锋面型大范围暴雨的一个必要条件。在暴雨发生前 3d 孟加拉湾必须有强对流云团发展, 为了实现业务化, 从 MICAPS 系统上的红外卫星云图判断对流云团的强弱, 通过对历年 TBB 资料的测试, 确定在 5~20°N, 85~95°E 范围, 有对流的云系逐渐发展为强对流云团, 同时在某日的 09—14 时达到如下指标: 低于 -80°C 的面积指数 (即 -80°C 以下的色标像素点相加) 大于等于 800 个像素点时, 确定

为孟加拉湾强对流云团指标。

(2) 850hPa 沿 110°E 经向风指标

通过对历史暴雨资料分析, 确定沿 110°E 的 22~25°N 范围有经向风的增大, 在暴雨发生的前 3d, 经向风为 8~12m·s⁻¹。

(3) 桂林站假相当位温的增加

由于桂林独特的地理环境, 广西的锋面型大范围暴雨 90% 存在假相当位温增高。通过对暴雨的个例分析选取桂林本站的假相当位温达到 355K 以上为预报指标。

(4) 选取 200hPa 广西上空的散度平均达到 $5 \times 10^{-5} \text{ s}^{-1}$ 以上为一预报指标。

(5) 选取 500hPa 广西上空的垂直速度达到 $0.5 \times 10^{-4} \text{ hPa} \cdot \text{ s}^{-1}$ 以上为一预报指标。

(6) 选取 850hPa 广西上空的水汽通量达到 $11 \sim 14 \text{ g} \cdot (\text{ s} \cdot \text{ hPa} \cdot \text{ cm})^{-1}$ 为一预报指标。

4 T213 资料和 NCEP 资料的线性趋势估计

由于 T213 历史资料年数少, 在研究暴雨规律、寻找指标时采用的是 NCEP 资料, 但为了投入业务使用, 必须用 T213 的 72h 预报场资料, 而两种资料存在误差, 为此选取多年 T213 与 NCEP 资料的有关物理量 (高度 H 、纬向风分量 U 、经向风分量 V 、垂直速度 ω 、相对湿度 RH 、散度 DIV 、涡度 VOR), 利用线性估计原理^[8], 求出各物理量的方程为:

$$H_{T213} = 168.4563 + 0.7113H_{NCEP}$$

$$U_{T213} = 0.6065 + 0.2274U_{NCEP}$$

$$V_{T213} = 0.2014 + 0.2767V_{NCEP}$$

$$\omega_{T213} = 0.4110 + 35.6016\omega_{NCEP}$$

$$RH_{T213} = 25.1510 + 0.6149RH_{NCEP}$$

$$DIV_{T213} = 7.3931 + 4.2460DIV_{NCEP}$$

$$VOR_{T213} = -0.0799 + 0.0284VOR_{NCEP}$$

利用得出的线性估计公式对 NCEP 资料指标进行了调整, 得出预报广西夏季风期间大范围暴雨的 T213 的指标。

5 预报流程

利用 T213 资料 72 小时预报建立预报流程 (见图 1)。

6 试用结果分析

利用 NCEP 资料寻找出来的指标对 1980 年以来的暴雨进行回报, 18 场暴雨个

例报对 14 场, 历史拟合率达到 77.8%, 其中漏报 4 场, 空报 5 场, 预报准确率达到 60.9%。用建立的平台 (图 1) 对 2002—2005 年进行了试用, 首先利用本系统分析每次降水过程的高低层天气系统的特征, 与历史过程作比较, 然后用线性估计方法调整 NCEP 指标后得出的 T213 指标和孟加拉湾的强对流指标对每次过程进行应用。4 年间广西共出现 30 个站以上暴雨 6 次, 其中有 3 次出现在夏季风影响的 5—7 月间, 本系统都做出了准确预报, 但也有空报的情况, 暴雨的站数达不到 30 个站。

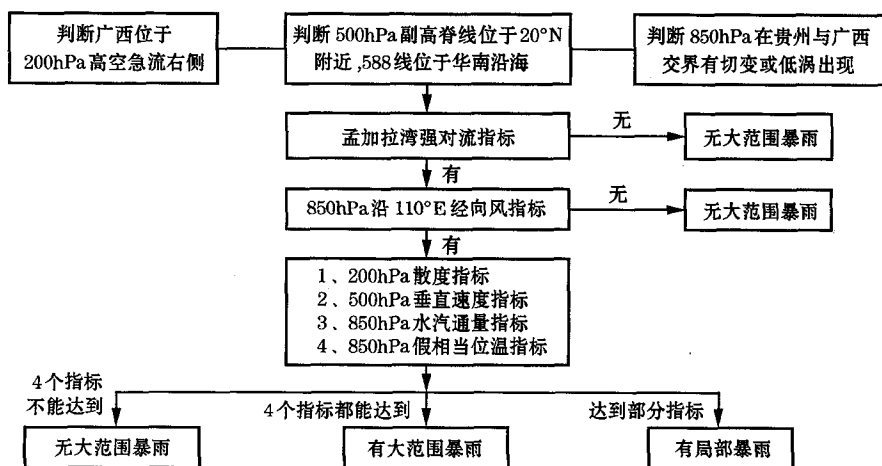


图 1 预报流程

7 结 语

广西季风暴雨的中期预报平台是在利用 NCEP 资料研究 1980 年以来夏季风影响期间广西大范围暴雨的形势演变规律的基础上, 先找出各层的大尺度的形势模型和 NCEP 预报指标, 然后将 T213 的 72h 物理量预报与 NCEP 资料的相应各物理量进行线性估计, 找出 T213 物理量应用指标而建

立的, 具有如下特点:

(1) 预报平台将不同层次的形势场和物理量放在一张图上, 从立体的角度考虑天气系统的演变。

(2) 预报平台可绘制物理要素随时间的演变 (如 v 分量随时间的演变) 图, 因而比以往的考虑更进了一步。

(3) 用不大于 -80°C 像素点相加的方法将孟加拉湾强对流强度加以量化, 作为一个指标使用, 考虑了孟加拉湾强对流对广西大

范围暴雨的影响。

(4) 预报平台既可查阅广西大范围暴雨历史资料图, 又可预报未来 72 小时的广西大范围暴雨, 试用效果较好。

(5) 可将预报指标进行调整应用于全年的暴雨预报。

参考文献

- 1 李向红, 徐海明, 何金海. 对亚洲两支越赤道气流与华南暴雨关系的探讨 [J]. 气象科学, 2004, 24 (2): 161-164.
- 2 段旭, 张秀平, 许美铃. 云南及周边地区中尺度对流系统时空分布特征 [J]. 气象学报, 2004, 62 (2): 243-250.
- 3 江吉喜, 范梅珠. 我国南方持续性暴雨成因的 TBB 场分析 [J]. 气象, 1998, 24 (11): 26-31.
- 4 何华, 孙绩华. 云南冷锋切变大暴雨过程的环流及水汽输送特征 [J]. 气象, 2003, 29 (4): 48-52.
- 5 黄忠, 张东, 林良勋. 广东后汛期季风槽暴雨天气形势特征分析 [J]. 气象, 2005, 31 (9): 19-23.
- 6 郑建萌, 段旭. 2001 年云南雨季开始偏早与孟加拉湾季风爆发的关系 [J]. 气象, 2005, 31 (2): 59-63.
- 7 徐海明, 何金海, 周兵. 夏季长江中游大暴雨过程中天气系统的共同特征 [J]. 应用气象学报, 2001, 12 (3): 315-319.
- 8 黄嘉佑. 气象统计分析与预报方法 [M]. 北京: 气象出版社, 1990: 37-121.